

Tomi Manns

Tehomaksun huomioiminen pientalon sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

9.1.2018

Tekijä Otsikko	Tomi Manns Tehomaksun huomioiminen pientalon sähkösuunnittelussa
Sivumäärä Aika	34 sivua + 3 liitettä 9.1.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinöörityön aiheena oli selvittää, mitä joidenkin sähköverkkoyhtiöiden käyttöönottama tehomaksu tarkoittaa käytännössä kuluttaja-asiakkaille. Tavoitteena oli myös selvittää teknisiä ratkaisuja pientalon huipputehon rajoittamiseen sekä suunnitella malliratkaisu pientalon tehomaksun pienentämiseksi.</p> <p>Insinöörityössä tutkittiin aluksi, mitä tehomaksu tarkoittaa ja millaisia kustannusvaikutuksia sillä on kuluttaja-asiakkaille. Käytettävissä oli myös sähkölämmitteisen esimerkkiomakotitalon tuntitason kulutusdataa usean vuoden ajalta. Tämän jälkeen selvitettiin yleisellä tasolla teknisiä ratkaisuja, joilla voitiin vaikuttaa tehomaksuun. Yleisen tarkastelun jälkeen suunniteltiin esimerkkikohteeseen soveltuva tekninen malliratkaisu pientalon huipputehon rajoittamiseksi.</p> <p>Tuloksena saatiin käyttökelpoista tietoa tehomaksun vaikutuksista kuluttaja-asiakkaille sekä saatiin suunniteltua esimerkkikohteeseen soveltuva tekninen järjestelmä tehomaksun pienentämiseksi.</p> <p>Tuloksista pääteltiin, että tehomaksujen käyttöönotto kuluttaja-asiakkaille on Suomen sähköverkkoyhtiössä vielä alkutekijöissään, mutta tulee tulevaisuudessa varmasti lisääntymään. Todettiin myös, että tehomaksu on nykyisellään kustannuksiltaan varsin pieni osa sähkölaskua, mutta tehomaksun kustannusprofiili ja määräytymisperusteet tullevat muuttumaan tulevaisuudessa. Tuloksista saatiin myös johdettua päätelmä, että nykyinen tehomaksun määräytymisperuste ei palvele sähköverkkoa parhaalla mahdollisella tavalla ja kuluttaja-asiakkaille on todellisuudessa hankala vaikuttaa merkittävässä määrin perittävän tehomaksun suuruuteen.</p> <p>Insinöörityön tulokset ovat parhaiten hyödynnettävissä pientalon omistajille taikka uuden pientalon rakentamista suunnitteleville ihmisille sekä näiden projektien parissa työskentelevien sähkösuunnittelijoiden keskuudessa.</p>	
Avainsanat	tehomaksu, huipputeho, pientalo, sähkölämmitys, sähköverkko

Author Title Number of Pages Date	Tomi Manns Capacity Charge in Electrical Planning of a Detached House 34 pages + 3 appendices 9 January 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis work was to find out what the capacity charge, as used by some electricity companies means for consumers in practice. The aim was also to find out technical solutions to limit the peak power of a detached house and to design a model solution to reduce the capacity charge of a detached house.</p> <p>In the study it was first clarified what the capacity charge means and what kind of cost impacts it has for consumers. Hourly consumption data of an electrical heated detached house gathered for several years was also available. Then, technical solutions that influence the capacity charge were figured out on general level. A technical model solution suitable for the example house was planned to limit the peak power of an example house.</p> <p>As a result, useful information of the capacity charge's cost impacts was provided for consumers and a technical solution suitable for the example house to reduce the capacity charge was planned.</p> <p>The results show that the use of the capacity charge for consumers is still very low in Finnish electricity companies, but will definitely grow in the future. It was also noted that the current capacity charge cost is very small in electricity bill, but the cost profile of the capacity charge and its basis for determining might change in the future. It was also shown that the current basis for determining the capacity charge doesn't serve the electricity grid in the best way possible, and it is difficult for consumers to have an effect on the amount of the charge.</p> <p>The results of the study are most useful to people who own a detached house or people planning to build one, and to electric planners working on these projects.</p>	
Keywords	capacity charge, peak power, detached house, electric heating, electrical grid

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tehomaksu	2
2.1	Kuluttaja-asiakkaan sähkölaskun muodostuminen	2
2.2	Huipputehomaksu nyt ja tulevaisuudessa	3
3	Pientalon sähkönkäyttö	6
3.1	Esimerkkikohde	6
3.2	Esimerkkikohteen kulutusprofiili	6
3.3	Tehomaksun kustannusvaikutus	9
4	Huipputehon rajoittaminen	13
5	Malliratkaisu pientaloon	19
5.1	Valittu tekninen ratkaisu	19
5.2	Komponentit	20
5.3	Toimintaselostus	22
5.4	Tekninen toteutus	23
5.5	Piirustukset	27
5.6	Kustannukset	28
5.7	Kannattavuus	29
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Liitteet

Liite 1. Logo FBD kytkentädiagrammi ja blokkilistaus

Liite 2. Kytkentäpiirikaavio

Liite 3. Tuntitehosarjat 2013–2017

Lyhenteet

DI	Digital input. Ohjelmoitavan logiikan portti, jonka kautta laite saa tietoa järjestelmän tilasta.
DO	Digital output. Ohjelmoitavan logiikan portti, jonka kautta laite kykenee ohjaamaan järjestelmää.
FPD	Function block diagram. Automaatiojärjestelmien ohjelmointikieli.
kWp	Piikkikilowatti. Aurinkosähköjärjestelmän hetkellinen huipputeho.
MLP	Maalämpöpumppu. Laite, joka ottaa talteen lämpöenergiaa maassa olevasta lämmönkeruupiiristä ja siirtää sitä lämmitysverkon ja käyttöveden lämmitykseen.
PILP	Poistoilmalämpöpumppu. Laite, joka ottaa talteen lämpöenergiaa poistoilmasta ja siirtää sitä lämmitysverkon ja käyttöveden lämmitykseen.

1 Johdanto

Suomessa on viime aikoina noussut pinnalle keskustelu sähköverkkoyhtiöiden tehomaksujen käyttöönotosta kuluttaja-asiakkaille. Tehomaksu ei sinänsä ole uusi asia, sitä on peritty suurikokoisista liittymistä jo pitkään. Sen sijaan uutta on tehomaksujen käyttöönotto pienemmissä kuluttajatasen liittymissä.

Työ tehdään Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy:lle, ja sen tarkoituksena on selvittää, mitä tehomaksu tarkoittaa kuluttaja-asiakkaan näkökulmasta ja millaisia teknisiä ratkaisuja on olemassa tehomaksun pienentämiseksi. Asiaa tutkitaan todellisen pientalon sähkönkulutustietojen ja tekniikan pohjalta. Työn tavoitteena on myös suunnitella kustannustehokas malliratkaisu pientaloon.

Työn luettua lukijalla on käsitys, mitä tehomaksu tarkoittaa, millaisia vaikutuksia sillä on ja millaisin ratkaisuin siihen voidaan puuttua.

2 Tehomaksu

2.1 Kuluttaja-asiakkaan sähkölaskun muodostuminen

Kuluttaja-asiakkaan sähkölasku muodostuu useammasta eri osasta. Pääpiirteissään kuluttajan sähkölasku jakaantuu sähköenergialaskuun ja verkkopalvelu- eli tavallisemmin sähkönsiirtolaskuun. Kuluttajalla on oikeus vapaasti valita miltä yhtiöltä ostaa käyttämänsä sähköenergian mutta sen sijaan sähköverkkoyhtiöön ei kuluttaja pääse vaikuttamaan. Verkkopalvelumaksu määräytyy sen mukaan, minkä yhtiön sähköverkkoon kuluttajan sähköliittymä on liitetty. Käytännössä asia on riippuvainen kuluttajan sähköliittymän maantieteellisestä sijainnista, sillä eri yhtiöiden sähköverkoja ei rakenneta päällekkäin. Sähkönsiirto on Suomessa monopoliliiketoimintaa, jota valvoo Energiavirasto.

Sähköenergialasku koostuu siirretyn sähköenergian määrän mukaisesta määrästä ja mahdollisesta perusmaksusta. Näihin summiin lisätään myös arvonlisävero.

Verkkopalvelumaksu koostuu perusmaksusta, siirretyn sähköenergian määrän mukaisesta summasta sekä sähköverosta. Näihin summiin lisätään myös arvonlisävero. Näiden lisäksi osa verkkoyhtiöistä on alkanut periä niin sanottua tehomaksua. Tämä tarkoittaa, että siirretyn energiamäärän lisäksi laskua kasvattaa suurin mitattu tuntiteho. Tehomaksuun palataan syvemmin tämän insinööriyön myöhemmissä kappaleissa.

Lähes kaikki Suomessa käytettävät sähkömittarit ovat etäluettavia. Tämä on mahdollistanut siirtymisen arviolaskutuksesta todellisen kulutuksen mukaiseen laskutukseen. Suomessa käytettävät etäluettavat sähkömittarit välittävät tuntitason mittautustietoa. Sen lisäksi, että etäluettavat sähkömittarit ovat mahdollistaneet siirtymisen todellisen kulutuksen mukaiseen laskutukseen mahdollistavat ne kuluttajille myös uusia tapoja osallistua sähkömarkkinoille. Tällainen on esimerkiksi pörssisähkösopimus, jossa kuluttaja maksaa käyttämästään energiasta pohjoismaisen sähköpörssin mukaista hintaa lisättynä sähkönmyyjän marginaalilla. Mittarit mahdollistavat esimerkiksi myös kuluttajan oman tuotannon myymisen sähköverkkoyhtiölle.

2.2 Huipputehomaksu nyt ja tulevaisuudessa

Tehomaksu tarkoittaa, että sähköverkkoyhtiö laskuttaa suurimpaan mitattuun tuntitehoon perustuvaa hintaa. Esimerkiksi Helen Sähköverkko lisäsi ensimmäisten verkkoyhtiöiden joukossa pääosin sähkölämmittäjillä käytössä olevaan aikasiirtotuotteeseensa tehomaksukomponentin 1.7.2017 alkaen [1].

Taulukko 1. Helen Sähköverkko aikasiirtotuotteen hinnasto [1].

	ALV 0%	ALV 24%
Perusmaksu €/kk	14,11	17,50
Tehomaksu €/kW,kk	0,64	0,79
Päiväsiirto c/kWh	2,09	2,59
Yösiirto c/kWh	1,09	1,35

Taulukosta 1 nähdään, että Helen Sähköverkolla tehomaksun suuruus on 0,79 €/kW. Lisäksi Helen Sähköverkon siirtohinnastossa mainitaan, että tehomaksu määräytyy viimeisimmän 12 kuukauden aikana mitatun suurimman tuntitehon mukaan [2]. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos pientalon suurin mitattu tuntiteho tässä kuussa on esimerkiksi 14 kilowattia, niin tehomaksun suuruus on tällöin 11,06 euroa kuukaudessa seuraavien 12 kuukauden ajan. Mikäli tulevien 12 kuukauden aikana jonakin kuukautena mitataan tätäkin suurempi tuntiteho, niin tulee siitä uusi tehomaksun määrä.

Lahti Energia on myös ottanut tehomaksuja osin jo käyttöön. Tehomaksun käyttöönotto laajenee 1.1.2018, jolloin tehomaksu otetaan käyttöön 3 x 35 A:n pääsulakekoosta alkaen. Vuonna 2019 Lahti Energia on ilmoittanut ottavansa tehomaksun käyttöön myös 3x25A pääsulakekoon asiakkaille. [3, s.19.] Taulukossa 2 nähdään Lahti Energian verkkopalveluhinnasto 1.1.2018 alkaen.

Taulukko 2. Lahti Energia siirtohinnoisto [4].

Sähkön tehosiirtotuotteet LE-Sähköverkko Oy:n jakelualueella		
Yleissiirto Teho	Alv 0%	Alv 24%
Perusmaksu	5,20	6,45 €/kk
Tehomaksu	0,62	0,77 €/kW,kk
Siirtomaksu	2,58	3,20 snt/kWh
Yösiirto Teho		
Perusmaksu	10,00	12,40 €/kk
Tehomaksu	0,62	0,77 €/kW,kk
Siirtomaksu päivä klo 7-22	2,89	3,58 snt/kWh
Siirtomaksu yö 22-7	1,19	1,48 snt/kWh

Helsingin ja Lahden sähköverkkoyhtiöiden tehooperustaisia siirtotuotteita vertaillen havaitaan, että hinnoissa ei ole kovinkaan suurta eroa. Tehokomponentti Helsingin Energia sähköverkkoyhtiön alueella on 0,79 € / kW ja vastaavasti Lahti Energian alueella 0,77 € / kW. Molemmat yhtiöt ilmoittavat käyttävänsä tehomaksun laskutusperusteena viimeisimmän 12 kuukauden suurinta tunnin keskituloa.

Tehomaksu ei itsessään ole uusi tulokas sähkömarkkinoilla. Verkkoyhtiöt ovat jo pitkään laskuttaneet tehomaksukomponenttia suuremmilta sähkönkäyttäjiltä, pääasiassa yritysasiakkailta. Sen sijaan uutta on se, että tehomaksukomponentti on tuotu kuluttajakokoluokan sähköliittymiin. Tehomaksun tuomista laajempaan käyttöön sähköverkkoyhtiöt perustelevat oikeudenmukaisemalla hinnoittelulla ja tavoitteellaan ohjata kuluttajia tasaisempaan sähkönkäyttöön. Tehomaksulla pyritään käytännössä kulutushuippujen hillitsemiseen, jolloin verkkoyhtiöt saattavat selvittää pienemmillä investoinneilla jakeluverkkonsa. Tehomaksua ei kuitenkaan tule nykyisellään sekoittaa kysyntäjoustoon, sillä tehomaksun suuruuteen ei vaikuta se, mihin vuorokauden- tai vuodenaikaan suurin tunti-teho osuu.

Tehomaksun käyttöönotossa kuluttaja-asiakkaille ollaan nyt ottamassa ensiaskelia muutamien verkkoyhtiöiden näyttäessä suuntaviivoja. Yleisesti kuitenkin odotetaan, että tehomaksu tullaan ottamaan laajasti käyttöön koko Suomen mittakaavassa. Vantaan Energian asiakkuuspäällikkö Janne Hartikainen toteaa tuoreessa asiakaslehden pääkirjoituksessaan, että sähkönsiirron tehomaksut puhuttavat mediassa. Vantaan Energia sähköverkkojen osalta asiasta ei olla vielä päätetty, mutta todennäköisesti niihin tullaan jossakin vaiheessa siirtymään. [5, s.2.] Samoilla linjoilla ollaan todennäköisesti muissakin verkkoyhtiöissä. Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan professori Samuli Honkapuro ennustaa, että tehomaksut yleistyvät Suomessa seuraavan viiden vuoden kuluessa [6].

3 Pientalon sähkönkäyttö

3.1 Esimerkkikohde

Esimerkkikohteena tehomaksun vaikutuksista käytän Tuusulan kunnassa sijaitsevaa vuonna 2006 valmistunutta omakotitaloa. Omakotitalo on talotoimittajan pakettitalo. Rakennuksessa on 1,5 kerrosta ja asuineliöitä on 150. Pääsulakekoko on 3 x 25A. Rakennuksen alakerrassa on vesikiertoinen patterilämmitys, jonka lämmönlähteenä toimii poistoilmalämpöpumppu malliltaan Nibe Fighter 310P. Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa ja käyttää sitä käyttöveden ja patteriverkoston veden lämmittämiseen. Alakerrassa on myös ilmalämpöpumppu, jonka lämmittävä vaikutus ulottuu alakerran lisäksi myös yläkertaan. Yläkerrassa on myös sähköpatterit. Rakennuksessa asuu kaksi henkilöä, jotka ovat asuneet rakennuksessa vuodesta 2012. Tuntitason sähkönkulutusdataa rakennuksesta on käytettävissä vuoden 2013 alusta alkaen.

3.2 Esimerkkikohteen kulutusprofiili

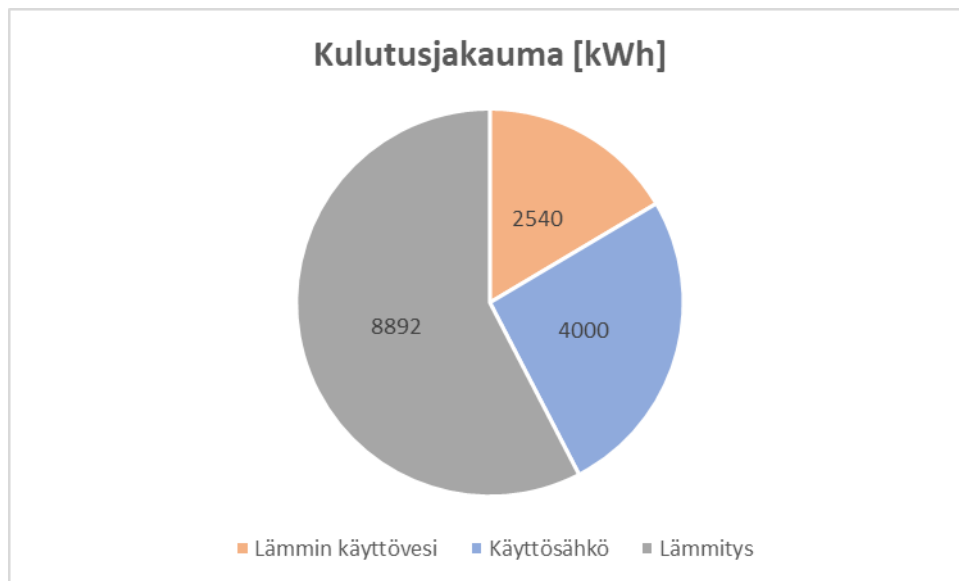
Esimerkkitalon sähkön kokonaisvuosikulutus on ollut seuraavanlainen:

•	2013	15 730 kWh
•	2014	15 835 kWh
•	2015	14 131 kWh
•	2016	16 032 kWh

Esimerkkitalon suurin mitattu tuntiteho vuosittain on ollut seuraavanlainen:

•	17.1.2013	23:00	9,49 kW
•	23.1.2014	22:00	10,28 kW
•	21.1.2015	22:00	9,19 kW
•	17.1.2016	22:00	10,41 kW
•	6.1.2017	19:00	11,32 kW

Keskimääräisen vuosikulutuksen arvioin esimerkkitalossa jakautuvan kuvan 1 mukaisesti:



Kuva 1. Kulutusjakauma esimerkkitalossa.

Käyttöveden lämmittämiseen arvioin menevän sähköä noin 2540 kWh. Vedenkulutustietoja kiinteistöstä ei ollut saatavilla, mutta arvio perustuu keskimääräiseen vedenkulutukseen henkilöä kohden, joka on lähteestä riippuen noin 150 litraa vuorokaudessa.

Asuinrakennuksessa lämpimän käyttöveden osuus on noin 40 % vedenkulutuksesta [7]. Lämpimän käyttöveden energiankulutus saadaan laskettua seuraavalla laskukaavalla:

$$Q_{lkv} = 58 * V_{lkv} \theta \quad (1)$$

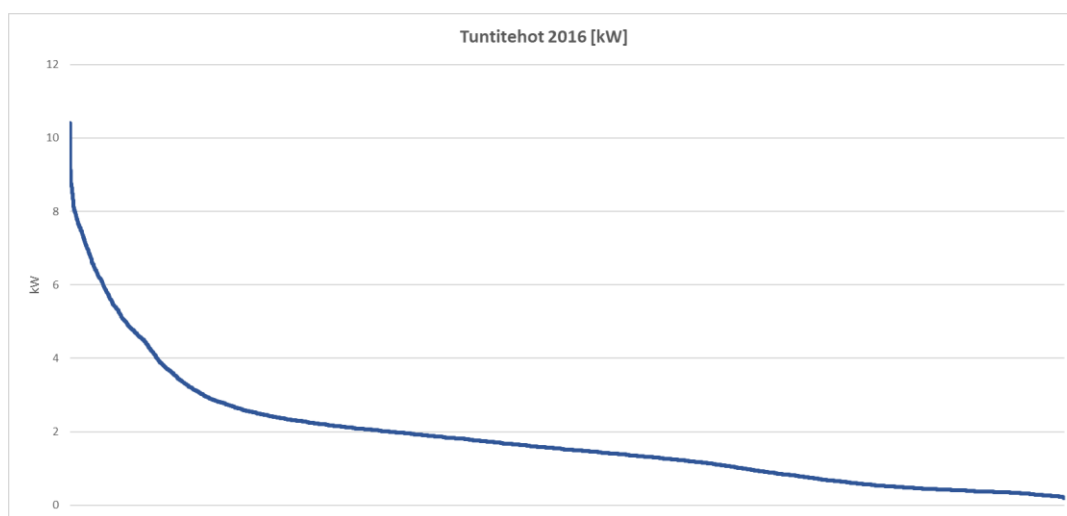
$$58 * 2 \times 0,15 * 365 * 0,4 = 2540,4 \text{ kWh}$$

Kaavan mukaan laskettuna kahden hengen vedenkulutus vuodessa on 109,5 m³, josta lämpimän käyttöveden osuus on noin 43,8 m³.

Arvio käyttösähkön määrästä perustuu kokemukseräiseen arvioon taloudesta, jossa sähkösaunaa käytetään varsin paljon. Käyttösähkö käsittää normaalin taloussähkön pois lukien rakennuksen lämmitys ja lämmin käyttövesi. Käyttösähkön ja lämpimän käyttöve-

den kulutuksen arvioinnin jälkeen todetaan, että jäljelle jäänyt osa 8892 kWh on rakennuksen lämmitykseen käytettävää energiaa. Lämmitysenergian kulutus asuineliötä kohden olisi noin 60 kWh, joka on järkevällä tasolla. Voidaan olettaa, että arvio kulutuksen jakautumisesta vastaa varsin hyvin todellisuutta.

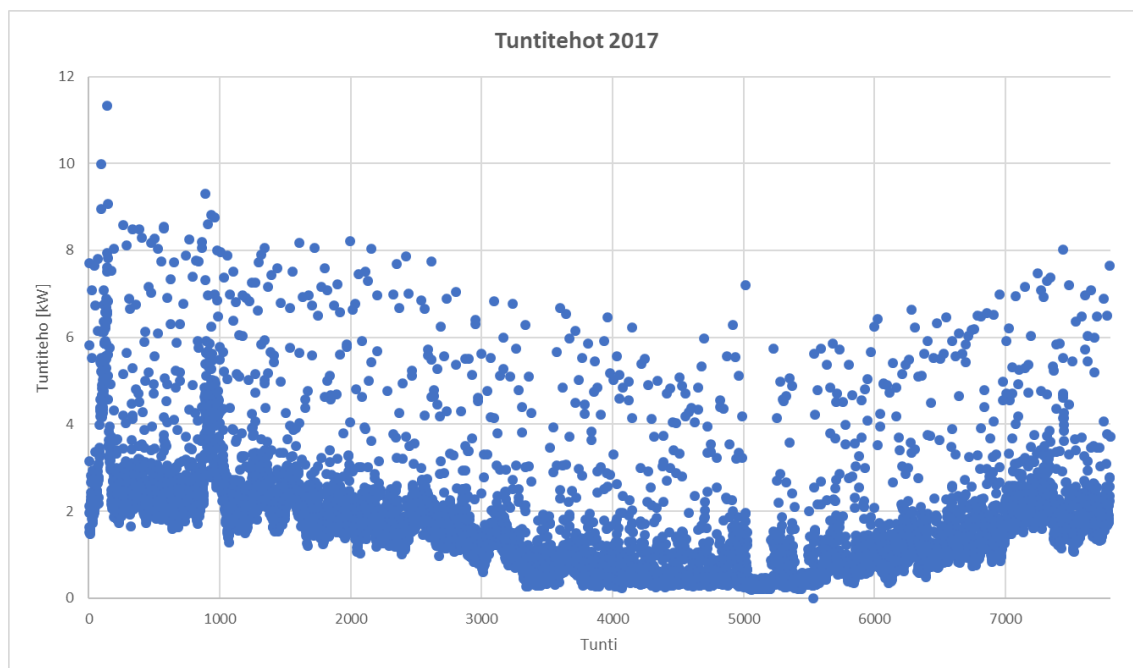
Rakennuksen suurimmat mitatut tuntitehot ovat vuosina 2013–2017 välillä 9,49 kW–11,32 kW. Kuvassa 2 nähdään vuoden 2016 sähkönkäytön pysyvyyskäyrä.



Kuva 2. Esimerkkikohteen sähkönkäytön pysyvyyskäyrä 2016.

Merkille pantavaa on, että yli 6 kW:n tuntiteho esiintyy vuonna 2016 vuoden 8760 tunnista ainoastaan 294 tunnissa eli ainoastaan 3,4 prosentissa. Tuntitehosarjoja tarkistellaessa huomataan, että suurin osa korkeimmista tuntitehoista ajoittaa kylmään vuodenaikaan kello 22–24 välille. Kohteessa ei ole automaattisia yösähköohjauksia, mutta asukkaita haastatellessa selvisi, että talon saunaa lämmitetään ahkerasti, usein jopa kuusikin kertaa viikossa yleensä kello 22 aikaan, sillä asukkaan sähkösopimuksessa tunnit välillä 22–07 ovat edullisempia. Kiukaassa on myös johdotettuna tehonvuorottelurele, mutta se

ei ole toiminnassa. Kuvassa 3 nähdään myös tuntitehojen jakauma pisteinä vuonna 2017.



Kuva 3. Tuntitehot pisteinä 2017.

Esimerkkikohteen suuritehoisimmat kojeet ovat sähkökiuas 6 kW ja poistoilmalämpöpumppu noin 8 kW. Tämän lisäksi muita tehoiltaan merkittäviä laitteita ovat liesi, yläkeran sähköpatterit, ilmalämpöpumppu ja autojen lämmitykset. Käytännössä kiuas ja poistoilmalämpöpumppu ovat sähkötehoiltaan merkittävimmät, joten nämä ovat huipputehon pienentämisen kannalta avainasemassa. Huipputehon pienentämiseen tähtäävää tekniikkaa käsitellään tarkemmin tämän työn myöhemmissä luvuissa.

3.3 Tehomaksun kustannusvaikutus

Tehomaksun kustannusvaikutuksia arvioitaessa käytän Helen Sähköverkko Oy:n siirtohinnoitusta, sillä Helen Sähköverkko Oy on ainoa tiedossani oleva verkkoyhtiö, joka tällä hetkellä laskuttaa pienasiakkailta tehomaksua. Laskelmassa käytän esimerkkitalon vuoden 2016 kulutustietoja, joita vertaan Helen Sähköverkko Oy:n vuoden 2017 verkkopalveluhinnastoon ennen ja jälkeen tehomaksumuutoksen, joka astui voimaan 1.7.2017.

Muutoksen yhteydessä verkkopalveluhinnastoon lisättiin tehomaksukomponentti ja varsinaisen kilowattituntipohjaisen siirron hintaa laskettiin hieman. Taulukossa 3 nähdään kustannusvertailu ennen ja jälkeen tilanteeseen.

Taulukko 3. Hintavertailu.

	Ennen tehomaksua [€]	Tehomaksun jälkeen [€]	Ennen tehomaksua [€]	Tehomaksun jälkeen [€]
	yksikköhinta	yksikköhinta	vuosikustannus	vuosikustannus
Perusmaksu €/kk	17,5	17,5	210	210
Päiväsiirto snt/kWh	2,63	2,59	224	221
Yösiirto snt/kWh	1,9	1,35	143	101
Tehomaksu €/kW	0	0,79	0	95
Yhteensä [€]			577	627

Taulukosta voidaan todeta, että laskelmissa käytetyillä lähtötiedoilla tehomaksu olisi vaikuttanut esimerkkitalon vuotuisen siirtolaskuun nostamalla sitä 577 eurosta 627 euroon eli nousua 50 euroa. Prosentuaalinen korotus on 9 %. Tehomaksun osuus koko summasta on 95 euroa. Helen Sähköverkolla kuukauden tehomaksu on viimeisimmän 12 kuukauden aikana mitattu suurin tuntiteho. Sähkölämmitteisessä rakennuksessa huipputeho ajoittuu usein talviaikaan, joka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi tammikuuhun ajoittunut huipputeho määrää koko tulevan vuoden kuukausien tehomaksun.

Jos teknisillä ratkaisuilla olisi onnistuttu rajoittamaan huipputeho 10 kilowatista 7 kilowattiin olisi koko vuoden siirtomaksu ollut 599 euroa, joka tarkoittaa 28 euron vuosittaista säästöä. Mikäli tarkastellaan asiaa kymmenen vuoden tarkastelujaksolla, säästö olisi 280 euroa. Jos oletetaan, että tehomaksu nousisi vuosittain viisi prosenttia, saataisiin säästöksi 358 euroa. Nopealla päässälaskulla tämä tarkoittaa, että kovinkaan suuria investointeja huipputehoa rajoittavaan tekniikkaan ei nykyisellä tehomaksulla kannattaisi tehdä.

Huomattavaa on, että esimerkiksi suuremmilla asiakkailla verkkopalvelumaksu painottuu kuluttaja-asiakkaita enemmän tehomaksuun kuin siirrettyyn energiaan. Taulukossa 4 nähdään aikasiirto- ja pienjännitetehosiirtotuotteiden hintaerot.

Taulukko 4. Helen siirtohinnoisto [6].

	alv 0 %	alv 24 %*
Aikasiirto		
Perusmaksu €/kk	14,11	17,50
Tehomaksu €/kW, kk	0,64	0,79
Päiväsiirto c/kWh	2,09	2,59
Yösiirto c/kWh	1,09	1,35
Pienjännitetelesiirto		
Perusmaksu €/kk	26,00	32,24
Tehomaksu €/kW, kk	4,09	5,07
Loistehomaksu €/kvar, kk	1,99	2,47
Talvipäivä c/kWh	1,50	1,86
Muu aika c/kWh	0,86	1,07

Aikasiirto on tarkoitettu asiakkaille, joiden pääsulakekoko on enintään 3 x 80A. Käytännössä yli 80 ampeerin pääsulakekokoja ei ole käytössä normaaleissa kuluttajaliittymissä. Kuten hinnastosta nähdään, on tehomaksun suuruus aikasiirtoasiakkailla 0,79, kun taas pienjännitetelesiirtoasiakkaat maksavat tehomaksua 5,07 euroa. Pienjännitetelesiirron tehomaksu on voimassa ainoastaan maanantaista perjantaihin klo 7–21. Tämä tarkoittaa sitä, että yöaikaan ja viikonloppuisin voi tunnin keskiteho olla, kuinka suuri tahansa, tällä ei ole vaikutusta laskutukseen. Mikäli kuluttaja-asiakkaiden aikasiirtotuote muuttuu profiiltaan muistuttamaan enemmän pienjännitetelesiirtotuotetta, tulee huipputehon rajoittamisesta taloudellisesti kannattavampaa.

Nykyiset sähkömittarit mahdollistavat laskutuksen tuntitasolla. On ennustettu, että seuraavan sukupolven mittareissa tullaan siirtymään 15 minuutin aikajakson mukaiseen mittaukseseen. Tämä tarkoittaa automaattisesti sitä, että mitatut keskitehot nousevat. Esi-merkkikohteen kulutusdataa tarkastellessa nähdään, että pohjakuorma kesälläkin on noin 0,4 kW. Kesäajan saunanlämmityksistä nähdään, että saunan lämmitys aiheuttaa mitatun tuntitehon nousemaan noin viiden kilowatin tuntumaan. Mikäli kohteessa olisi käytössä 15 minuutin mittaus olisi tämä sama saunan lämmityksestä aiheutuva 15 minuutin mitattu teho noin 6,5 kilowatin tuntumassa. Tämä johtuu siitä, että kiuas ei ole tuntia koko aikaa päällä vaan saunan lämpötilan saavutettua asetuksensa vastukset

sammuvat joksikin aikaa. 15 minuutissa tätä ei ehdi vielä tapahtua. Sama pätee saunan lisäksi useisiin muihinkin kuormituksiin.

Tuntitehomittaus ei kerro siis todellista hetkellistä huipputehoa, eikä tämän esimerkki-kohteen todellinen huipputeho ole selvillä. Omakotitalon laskennallinen huipputeho saadaan laskettua kaavalla 2:

$$P_{max} = 7,5 + 64 * A_{läm}/1000 \quad (2)$$

$$7,5 + 64 * 150/1000 = 17,1kW$$

Kaavalla laskettaessa saadaan esimerkkitalon laskennalliseksi huipputehoksi 17,1 kW. Todellisen hetkellisen huipputehon selvittämien vaatisi esimerkiksi tallentavan mittalaitteen viemistä kohteeseen tammikuun ajaksi.

4 Huipputehon rajoittaminen

Huipputehon rajoittamiseksi on useita erilaisia vaihtoehtoja. Yksinkertainen vaihtoehto on rajoittaa useiden tehokkaiden laitteiden yhtäaikaista päälläoloa. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi relelogiikalla. Yksinkertaisimmillaan otetaan esimerkiksi sähkökiukaalta käyntitieto, jonka aikana estetään toisten suuritehoisten laitteiden käynti. Yksittäisten laitteiden tehoa voidaan joissain tapauksissa myös rajoittaa. Esimerkiksi lämminvesivaraajien sähkövastuksia voidaan usein kytkeä useilla erilaisilla kytkennöillä, jolloin saadaan erilaisia tehovaihtoehtoja. Onko tarpeellista lämmittää lämminvesivaraajaa täydellä teholla tunti, kun sen voisi hoitaa pienemmällä teholla vaikka neljän tunnin aikana. Uusia ja enemmän tulevaisuuden ratkaisuja tulevat todennäköisesti olemaan esimerkiksi sähkövarastot, kuten aurinkopaneelien varaamat isot akustot taikka sähköajoneuvon akuston käyttäminen huipputehon tasaamiseen. Erilaiset automaatiojärjestelmät mahdollistavat myös paljon erilaisia toiminallisuuksia erityisesti isommissa kiinteistöissä, kuten esimerkiksi sääennusteiden hyödyntämisen laitteiden ohjauksessa. Esimerkiksi kovien pakasjaksojen aikana voitaisiin esimerkiksi pienentää ilmanvaihdon tehoa sallimalla huonetilaan väliaikaisesti suurempi hiilidioksidipitoisuus taikka antaa huonelämpötilan laskea muutamalla asteella, jotta selvitään pienemmällä lämmitysteholla.

Teknisten ratkaisujen lisäksi asukas voi omilla käyttötottumuksillaan rajoittaa huipputehoa, esimerkiksi kiukaan ollessa päällä ei kytke muita suuritehoisia laitteita päälle, taikka vuorottelemalla pyykin- ja astianpesukoneen käyttöä. Tulee kuitenkin kysymys, missä menee raja asumismukavuuden ja helppouden kanssa.

Relelogiikka

Perinteinen relelogiikka lienee edullisin ja eniten käytetty ratkaisu huipputehon rajoittamiseen. Sähkölämmityksen ohjaamiseen on useita vuosikymmeniä käytetty vakiomuotoisia SLY-kytkentöjä. SLY-kytkennät ovat mahdollistaneet lämmityskuorman siirtämisen halvempaan yöaikaan sekä huipputehon rajoittamisen kiukaan tehovuorottelun avulla. Kiukaan tehovuorottelulla on voitu säästää liittymän hankinta- ja perusmaksukustannuksissa valitsemalla pienemmät pääsulakkeet. SLY-kytkentä perustuu relelogiikkaan ja sähkömittarilta (aiemmin verkkokäskylaitteelta) tulevaan ohjaukseen. SLY-kytkennät on standardoitu 1980-luvulla. Rajoitustoiminnot relelogiikalla on kohtuullisen yksinkertainen

ja edullinen toteuttaa. Relelogiikkaa voidaan myös jatkojalostaa esimerkiksi erilaisilla tehovahdeilla tai hieman älykkäämmällä ohjelmoitavalla relelogiikalla. Tehomaksun ja yösähkön tapauksessa tulee aiheelliseksi miettiä, mitä yösähköohjaus tekee tehomaksulle rakennuksessa, jossa on yösähköohjattu varaava lämmitys. Talvella yösähkösignaalin tullessa pahimmillaan kaikki varaavat lämmitykset ja lämminvesivaraaja alkavat lämmitellä täsmälleen samaan aikaan, jolloin saadaan aikaan suuri tehopiikki. Tämän voisi ehkäistä esimerkiksi yksinkertaisesti kellokytkimellä porrastamalla ryhmien päällekytketymisaikoja.

Edullisuutensa vuoksi relelogiikka valikoitu ratkaisuksi esimerkikohteeseen, joten tarkempaa tietoa relelogiikasta on tarjolla malliratkaisun muodossa.

KNX ja muu taloautomaatio

KNX on maailmanlaajuinen standardoitu avoin väyläpohjainen taloautomaatiojärjestelmä. Väyläpohjainen järjestelmä tarkoittaa käytännössä sitä, että jokaista ohjaustoimintoa varten ei tarvita erillistä ohjausjohdinta vaan tieto liikkuu digitaalisesti väylää pitkin. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ohjaustoiminnot ovat helposti muokattavissa ilman varsinaisia muutoksia johdotuksiin ja kytkentöihin. Huipputehon rajoitukseen KNX-järjestelmä voisi soveltua esimerkiksi siten, että laitteet, joita halutaan ohjata ovat joko suoraan tai erillisten KNX-releiden välityksellä yhdistettyinä väylään. Tällöin esimerkiksi KNX-liitännäinen maalämpöpumppu käynnissä ollessaan ”kertoo” väylää pitkin järjestelmälle olevansa käynnissä ja automatiikka osaa pitää muita suurempia tehonkuluttajia pois päältä.

KNX-järjestelmällä varustettuja pientaloja on Suomessa vielä verrattain vähän johtuen järjestelmän korkeahkosta hankintahinnasta. KNX:n mahdollisuuksiin huipputehon rajoittamisessa kannattaa tutustua vasta siinä vaiheessa, mikäli rakennukseen ollaan muutenkin hankkimassa KNX-järjestelmää. Jälkiasennuksena pelkkää huipputehon rajoittamista varten asennettavaa KNX-järjestelmää ei hankintahintansa vuoksi ole järkevää harkita.

Markkinoilla on KNX:n lisäksi myös muita taloautomaatiojärjestelmiä. Myös pääasiassa isompiin kiinteistöihin painottuvista järjestelmistä, kuten Fidelix, löytyy myös tuotteita, joita voidaan soveltaa myös pientalomaailmassa. Erilaisilla automaatiojärjestelmillä on

varmasti toteutettavissa älykkäitä ohjausvaihtoehtoja huipputehon rajoittamiseen, mutta suurehkon hankintahinnan vuoksi niitä ei ole järkevää harkita pelkästään huipputehon rajoittamista varten.

Aurinkosähkö

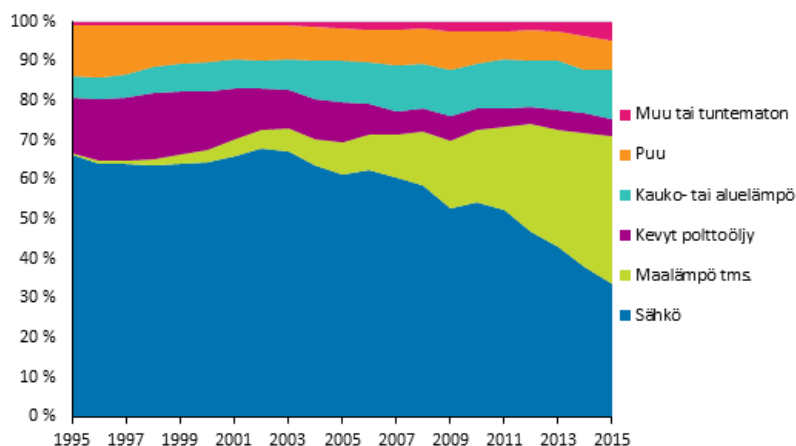
Aurinkosähkö on käytännössä ainut jollain tapaa kustannuksiltaan järkevä tapa tuottaa itse sähköenergiaa. Pientaloon usein asennettava järjestelmä on piikkiteholtaan 3 kWp. Tämä tarkoittaa, että järjestelmän suurin hetkellinen tuotto on 3 kW. Mikäli rakennuksessa olisi 8 kW:n tehoinen lämminvesivaraaja päällä kokonaisen tunnin ja aurinkosähköjärjestelmä tuottaisi tuon kokonaisen tunnin ajan 3 kW teholla sähkö veloittaisi sähköyhtiö 5 kWh. Myös tuon kyseisen tunnin mitattu tuntiteho pienenee tuon aurinkosähkö tuottaman 3 kW:n verran.

Ongelma tulee siitä, että aurinkosähköä ei ole saatavilla ympäri vuorokauden ja vuoden. Suurimmat huipputehot ajoittuvat sähkölämmitteisessä rakennuksessa talvelle, jolloin aurinkosähköä ei käytännössä ole tarjolla, joten aurinkosähköstä ei ole apua huipputehon rajoittamisessa. Vaikka kyseessä ei olisi sähkölämmiteinen talo ja tehomaksu perustuisi vain laskutuskuukauden suurimpaan tuntitehoon, ei aurinkosähköstä siltikään ole juurikaan apua, sillä aurinkovoimala tuottaa hyvin pienen osan ajastaan sähköä maksimitehollaan.

Aurinkosähkö on oiva ja vartenotettava vaihtoehto pientalolle tuottaa uusiutuvaa ja päästötöntä energiaa omaan käyttöönsä, mutta huipputehon rajoitussovelluksiin se ei ole käyttökelpoinen.

Maalämpöpumpun ominaisuudet

Uusissa pientaloissa maalämpö on yleisin lämmitysmuoto. Maalämpö on kasvattanut tasaisesti suosiotaan 2000-luvun aikana. Vuonna 2015 maalämmön osuus uusien pientalojen lämmitystavasta oli 37,5 prosenttia [8]. Kuvassa 4 nähdään pientalojen lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet välillä 1995-2015.



Kuva 4. Lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet [7].

Maalämmössä lämpö jaetaan useimmiten vesikiertoisella lattialämmityksellä. Vesikiertoisen lattialämmityksen soveltuu patterilämmitystä paremmin lämpöpumpulle, sillä lattialämmityksessä voidaan käyttää viileämpää vettä, joka parantaa lämpöpumpun hyötysuhdetta.

Seuraavassa tutkitaan lämpöpumpun ominaisuuksia liittyen huipputehon rajoittamiseen. Esimerkkilaitteena toimii suosittu maalämpöpumppumalli Nibe F1255. Laite koostuu lämpöpumpusta, lämminvesivaraajasta, lämmitysvastuksesta, kiertovesipumpuista ja ohjausyksiköstä [9]. Sähkövastusta käytetään niissä tilanteissa, joissa tarvitaan enemmän lämmitys- tai käyttövettä kuin kompressorin pystyy tuottamaan.

Sähkövastus ei koostu yhdestä isosta vastuksesta vaan useammasta pienestä. Nibe F1225-6 mallissa, jossa on 6,5 kW:n sähkövastus, on portaita käytettävissä yhteensä 13 kappaletta. Myös käytettävä maksimiteho on aseteltavissa. Taulukko käytettävissä olevista tehoportaista on taulukossa 5.

Taulukko 5. Nibe F1225-6 sähkövastuksen tehoportaat [9].

3x400V, F1255-6

Suurin sähkövastusteho (kW)	Suurin vaihevirta L1 (A)	Suurin vaihevirta L2 (A)	Suurin vaihevirta L3 (A)
0,0	–	–	–
0,5	2,2	–	–
1,0	–	4,3	–
1,5	2,2	4,3	–
2,0	–	–	8,7
2,5	2,2	–	8,7
3,0	–	4,3	8,7
3,5	2,2	4,3	8,7
4,0	7,5	4,3	7,5
4,5	9,7	4,3	7,5
5,0	7,5	–	16,2
5,5	9,7	–	16,2
6,0	7,5	4,3	16,2
6,5	9,7	4,3	16,2

Järjestelmässä on myös kiinteistön vaihekuormituksen valvontatoiminto. Pääkeskukseen on asennettava virtamuuntajat kiinteistön syöttökaapelin kuhunkin vaihejohtimeen. Lämpöpumppuun ohjelmoidaan lisäksi kiinteistön pääsulakekoko. Mikäli tarvitaan sähkövastusta, lämpöpumppu tasaa vaiheiden välisiä kuormituseroja kytkemällä tehoportaita kiinteistön kuormitustilanteeseen nähden optimaalisesti. Laitteisto osaa myös sammuttaa koko järjestelmän, mikäli pääsulakekoko uhkaa tulla vastaan. Tämä toiminto saattaisi olla käyttökelpoinen myös huipputehon rajoitussovelluksessa.

Piirikortilta löytyvät liitännät myös ulkoista tehonrajoitustoimintoa varten. Pumpulta voidaan estää sähkövastusten taikka kompressorin käynti, molemmat erikseen tai yhtä aikaa. Tällainen ohjaus voi tulla esimerkiksi taloautomaatiosta, kiukaan tehovuorotteluleestä taikka muusta tehonrajoituslogiikasta. Lämpöpumppu on myös liitettävissä Internetin kautta Niben omaan palveluun, josta lämpöpumpun toimintaa voidaan ohjata pörsisähköperustaisesti.

Yhteenvedona voidaan todeta, että maalämpöpumpuissa on huomattavasti erilaisia ohjausmahdollisuuksia käytettävissä. Valitettavan usein tilanne lienee niin, että sähkösuunnittelija piirtää maalämpöpumpulle vain sähkönsyötön ja lämpöpumpun älykkäämmät

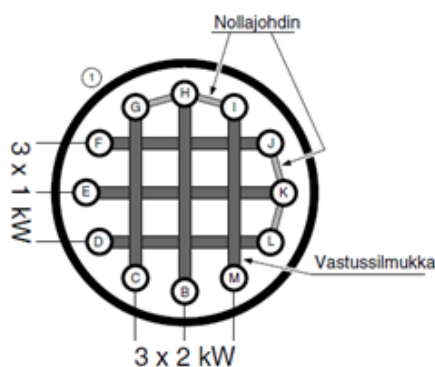
ohjaustoiminnot jäävät täysin hyödyntämättä. Tilanne muuttunee vasta kun rakennuttajana on valveutunut ja asiasta perillä oleva asiakas, joka osaa vaatia oikeita asioita ja on perehtynyt asiaan.

5 Malliratkaisu pientaloon

Kuten aiemmissa laskelmissa havaittiin, on esimerkkitalon tapauksessa huipputehon pienentämisellä saatava säästö nykyisillä hinnoilla varsin pieni. Rakennuksen suuritehoisimmat laitteet ovat sähkökuuas 6 kW sekä poistoilmalämpöpumppu sähkövastusta käyttäessään noin 8 kW. Kiinteistön suurin mitattu tuntiteho on vaihdellut vuosittain välillä 9,19 kW–11,32 kW. Käytännössä tuntitehoa on mahdollista pienentää hieman suuritehoisimman laitteen tuntikulutuksen yläpuolelle. Tämä tarkoittaa sitä, että jos esimerkiksi poistoilmalämpöpumppu käyttää tunnin aikana 6,5 kWh ja muu käyttösähkö toisi noin 0,5 kWh olisi tuntiteho noin 7 kW. Tämä edellyttää, että poistoilmalämpöpumpun käytössä ei muita suuritehoisia kohteita ole käytössä. Tavoitteeksi on asetettu suunnitella järjestelmä, jonka tarvike- ja asennuskustannukset olisivat korkeintaan tuhat euroa.

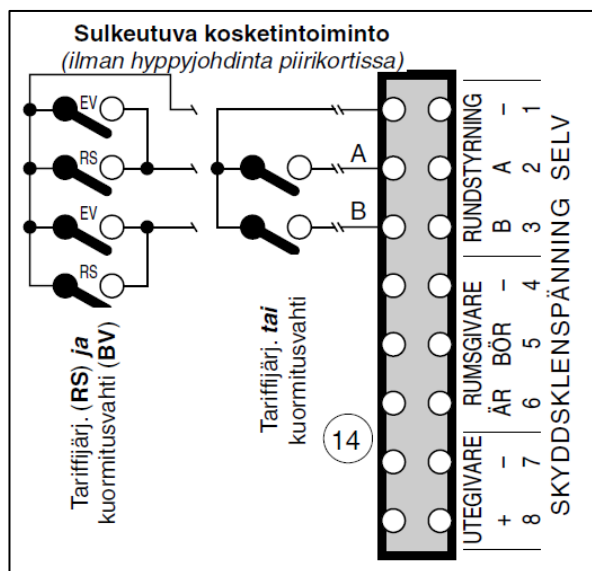
5.1 Valittu tekninen ratkaisu

Malliratkaisun tekniseksi ratkaisuksi esimerkkikohteeseen on valittu perinteinen relelogiikka täydennettynä ohjelmoitavalla Siemens Logo!-pienoislogiikalla. Tämä johtuu perinteisen relelogiikan edullisesta hinnasta, sillä toteutustavan halutaan olevan kustannustehokas. Siemens Logo! on myös hankintahinnaltaan suhteellisen edullinen ohjelmoitava relelogiikka, jolla voidaan helposti täydentää ja muokata relelogiikan toimintoja. Relelogiikka on myös kohtuudella toteutettavissa jälkiasennuksena olemassa olevaan rakennukseen. Lisäksi poistoilmalämpöpumpun sähkövastuksen kytkentä on mahdollista muuttaa 8 kW:n kytkennästä 6 kW:n tai 9 kW:n kytkennäksi. Vastus muutetaan 6 kW:n kytkentään. Vastuskytkentä on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Vastuskytkentä. [11, s.25.]

Poistoilmalämpöpumpussa on myös valmis liitäntä kuormitusvahdille, joka pudottaa vastuskuorman pois päältä. Esimerkin tapauksessa ei käytetä erillistä kuormitusvahtia vaan tehonrajoitustieto tulee LOGOn relelähdestä. Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty kyt-kentä poistoilmalämpöpumpussa.



Kuva 6. Poistoilmalämpöpumpun tehonrajoitus [12, s.17].

Haluamme myös tiedon logiikalle, kun poistoilmalämpöpumpun sähkövastus on päällä. Tähän ei löydy suoraa liitäntää piirikortilla, mutta jännitetieto voidaan ottaa suoraan sähkövastuksen lähdöstä.

5.2 Komponentit

Järjestelmän pääkomponentit ovat kontaktorit eli releet sekä Siemens Logo!-yksikkö. Kuvassa kymmenen nähdään perinteinen kontaktori, jota käytetään sähkökuormien päälle-pois ohjaamiseen.



Kuva 7. Kontaktori.

Kuvassa näkyvässä kontaktorissa on yhteensä kymmenen liitintä. Kontaktorin kelan A1– ja A2 liitäntöihin liitetään nollajohdin sekä kontaktoria ohjaava vaihejohdin. Liittimet 1-2, 3-4 ja 5-6 on tarkoitettu kolmivaiheisen kuorman ohjaamiseen ja liittimiin 13–14 voidaan kytkeä esimerkiksi tilatieto. Kontaktorit ovat edullisia komponentteja, mallista riippuen hinta on yleensä muutaman kymmenen euron luokkaa.

Kuvassa 8 nähdään Siemens Logo! eli ohjelmoitava pienoislogiikka.



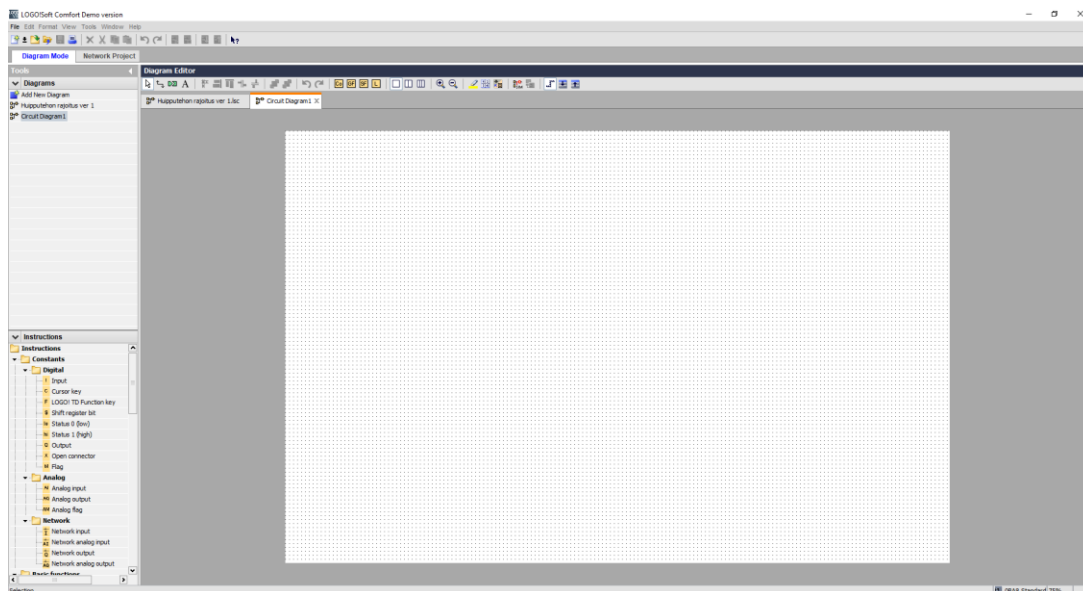
Kuva 8. Siemens Logo!.

Logon keskusyksikkö sisältää seuraavat ominaisuudet:

- Käyttöjännite 230 VAC (saatavissa myös 12/24 V versio)
- 8 kpl DI-tuloa
- 4 kpl DO-lähtöä

Lisämoduulein DI-tulojen määrä on laajennettavissa 24 kappaleeseen ja DO-lähtöjen määrä 16 kappaleeseen. Lisämoduulein laitteeseen on myös liitettävissä 8 AI-tuloa ja 2 AI-lähtöä [13]. DI-tulo tarkoittaa digitaalituloa, siis käytännössä jonkin laitteen kärkitiedon kautta tulevaa tilatietoa. DO-lähtö tarkoittaa relelähtöä keskusyksiköltä, siis ohjauskärkeä. Keskusyksikön hinta on noin 100–200 euron välillä. Esimerkkikohteen sovellutuksessa tullaan käyttämään laitteen DI- ja DO-liityntöjä. DI-liityntöihin tullaan kytkemään

kuormien tilatietoja ja DO lähtöihin liitetään kuormien ohjauksia. Logon ohjelmointi tapahtuu tietokoneella LOGO!Soft Comfort ohjelmistolla käyttäen FBD-ohjelmointikieltä. Kuvassa 9 nähdään kuvakaappaus ohjelmiston käyttöliittymästä.



Kuva 9. LOGO!Soft Comfort ohjelmointityökalu.

5.3 Toimintaselostus

Esimerkkikohteeseen huipputehon rajoitustoiminto tulee olemaan toiminnaltaan hyvin yksinkertainen johtuen rajallisista ohjausmahdollisuuksista. Toimintaselostus on seuraavanlainen:

Jännitteen kytkeytyessä kiukaan vastuksille:

Jännitteen kytkeytyessä kiukaan vastuksille estyy poistoilmalämpöpumpun sähkövastuksen käynti. Samaten estyy yläkerran sähkölämmityksen, kylpyhuoneen lattialämmityksen ja autonlämmityspistorasioiden käynti. Jännitteen poistuessa kiukaan vastuksilta palautuvat yläkerran sähkölämmitykset, kylpyhuoneen lattialämmitys ja autonlämmityspistorasiat välittömästi toimintaan. Poistoilmalämpöpumpun käyntilupa palautuu 15 minuutin viiveen jälkeen.

Jännitteen kytkeytyessä poistoilmalämpöpumpun vastuksille:

Jännitteen kytkeytyessä poistoilmalämpöpumpun vastuksille estyy yläkerran sähkölämmityksen, kylpyhuoneen lattialämmityksen ja autonlämmityspistorasioiden käynti. Jännitteen kytkeytyessä samanaikaisesti kiukaan vastuksille siirrytään edellä mainittuun ”*Jännitteen kytkeytyessä kiukaan vastuksille*” mukaiseen toimintaan.

Ohituskytkimen ollessa aktiivinen:

Ohituskytkimen ollessa asennossa ”tehonrajoituksen ohitus” poistuvat kaikki toimintaselostuksessa aiemmin mainitut tehonrajoitustoiminnot pois käytöstä, kunnes kytkin palautetaan normaaliasentoon. Kytkimen ollessa ohitusasennossa syttyy kytkimen merkkivalo.

5.4 Tekninen toteutus

Huipputehon rajoitussovelluksessa tullaan käyttämään Logon kolmea digitaalituloa ja neljää digitaalilähtöä:

- DI 1 Kiuas
- DI 2 Poistoilmalämpöpumpun sähkövastus
- DI 3 Ohituskytkin
- DO 1 Poistoilmalämpöpumpun sähkövastus
- DO 2 Yläkerran sähkölämmitys
- DO 3 Lattialämmitys kylpyhuone
- DO 4 Autonlämmityspistorasia

Kiukaan ja poistoilmalämpöpumpun käyntitiedot tulevat suoraan jännitetietona. Tiedon viemiseksi Logolle tarvitaan kaksi apurelettä. Käyntitiedot otetaan suoraan vastuksilta, joten näitä varten tarvitaan kaksi apurelettä. Apureleiksi olen valinnut Hagerin ERC216-sarjan välireleen sähkönumeroltaan 27 070 55. Kuvassa 11 on valittu rele. Apureleen avulla saadaan Logon digitaalituloon tieto kiukaan tai poistoilmalämpöpumpun sähkövastusten käynnistä.



Kuva 2. Välirele Hager 216

Tehonrajoitustietoa varten on poistoilmalämpöpumpussa valmis liitäntä, joten kuormaa ei tarvitse suoraan ohjata kontaktorilla. Tehonrajoitus kytketään suoraan Logon digitaaliilähtö DO1-liitäntään. Digitaaliilähtö 2 on varattu yläkerran sähkölämmitystä varten. Yläkerran sähkölämmitys on ryhmäkeskuksessa jaettu kolmen eri johdonsuojakatkaisijan perään, joten näitä ohjaamaan tarvitaan kolmivaiheinen kontaktori. Kontaktoriksi on valittu kuvassa 12 näkyvä Hager ESC325 sähkönumeroltaan 37 480 86.



Kuva 3. Kontaktori Hager 325.

Digitaalilähtöön 3 kytketään kylpyhuoneen lattialämmitys. Logon oman releen pitäisi periaatteessa kestää suoraan tämän kuorman teho, mutta varmuuden ja selvyyden vuoksi tässäkin käytetään erillistä kontaktoria. Kontaktoriksi valittu kuvassa 13 näkyvä Hager ESC125 sähkönumeroltaan 37 480 71.



Kuva 4. Kontaktori Hager ESC125.

Digitaalilähtöön 4 kytketään autonlämmityspistorasian syöttö. Kontaktoriksi on valittu kuvassa 14 näkynyt Hager ESC125. Autonlämmityspistorasian syöttö tulee pihalla olevasta tonttikeskuksesta, joten ohjaava kontaktori sijoitetaan tonttikeskukseen. Uusia ohjauskaapelointeja ei tarvita, sillä tontti- ja ryhmäkeskuksen välillä kulkee valmiiksi ohjauskaapeli, jossa on käyttämättömiä ohjausjohtimia vapaana.

Ohituskytkin sijoitetaan ryhmäkeskukseen. Ohituskytkimeksi on valittu Hagerin merkkivalollinen kytkin SBT125 sähkönumeroltaan 36 376 68. Kytkin nähdään kuvassa 17.



Kuva 5. Kytkin Hager SBT125.

Kuvassa 16 näkyvät blokit vasemmalta lueteltuna ovat:

- INPUT, sisääntulo eli digitaalitulo. Tähän tuodaan jännitetieto, eli tällä LOGO tietää esimerkiksi ohituskytkimen olevan aktiivisena
- OUTPUT, ulostulo eli digitaali-lähtö. Tällä voidaan ohjata esimerkiksi kuormia tai releitä
- OR, tai-funktioblokki on perinteisessä piirikaaviossa kuin rinnankytkentä. Kun jokin blokin sisääntuloista on aktiivinen niin blokin lähtökin aktiivisena.
- ON-Delay, Vastaa vetohidasteista aikarelettä.

Kytkenästä on myös piirretty piirikaavio, joka on esitetty liitteessä 2.

5.6 Kustannukset

Toteutuksen kustannukset haluttiin pitää maltillisina. Toteutus olisi periaatteessa ollut mahdollista pelkillä releillä ja kontaktoreilla, mutta mukaan haluttiin ottaa Siemens LOGO!, sillä se mahdollistaa helpon muunneltavuuden ja tarvittaessa laajemmat ohjausmahdollisuudet. Taulukossa 6 on eritelty tarvikekustannukset. Hinnat ovat SLO Oy:n hinnastosta katsottuja hintoja, jotka sisältävät urakoitsijan alennusprosentin, eli ovat niin sanottuja erään urakoitsijan sisäänostohintoja.

Taulukko 6. Tarvikekustannukset.

Kustannuslaskenta			
Tuote	Sähkönumero	Kappalemäärä	Hinta /kpl (Alv 0%)
Moduulikotelo 1x10	3426527	1	30
Siemens LOGO!230RCE	2702202	1	116,76
Välirele Hager 216	2707055	2	15,39
Kontaktori Hager 325	3748086	1	18,48
Kontaktori Hager ESC125	3748071	2	18,66
Kytkin Hager SBT125	3637668	1	9,42
Pientarvike			50
Tuotteet yhteensä sis Alv.			363,0

Tarvikekustannusten summaksi muodostui 363 euroa sisältäen 50 euron varauksen pientarvikkeille. Pientarvikkeilla tarkoitetaan esimerkiksi liittimiä, ruuveja, tulppia ja kaapelinpätkiä. Moduulikotelo sijoittuu ryhmäkeskuksen viereen, joten näiden välinen kaapelointi on hyvin lyhyt. Poistoilmalämpöpumpulle joudutaan vetämään ohjauskaapeli, mutta kaapelointimatka on hyvin lyhyt, sillä poistoilmalämpöpumppu sijaitsee ryhmäkeskuksen vieressä. Kiukaalla on jo olemassa oleva ohjauskaapeli, josta saadaan vastusten päälläolotieto tuotua Logolle. Autolämmityspistorasioita ohjaava kontaktori sijoitetaan ulkona olevaan mittauskeskukseen. Ryhmäkeskuksen ja mittauskeskuksen välillä menee jo ennestään ohjauskaapeli, jossa on vapaita johtimia käytettävissä.

Työaikaa ei ole mukana kustannuslaskelmissa, mutta sitä oletetaan menevän korkeintaan yksi työpäivä. Sähköasentajan tuntiveloituksen voidaan olettaa olevan noin 55 euroa työtunti, joten kahdeksan tunnin veloitushinnaksi muodostuisi 440 euroa. On huomioitavaa, että työ on kotitalousvähennykseen oikeuttavaa työtä [14].

Kokonaiskustannus tarvikkeet ja työ huomioiden olisi noin 800 euroa, joten budjetti pysyy asetellun tuhannen euron alapuolella. Esimerkkikohteen laskelmissa huomioidaan kuitenkin ainoastaan tarvikekustannukset, sillä asennustyötä ei veloiteta.

5.7 Kannattavuus

Kirjoitushetkellä järjestelmää ei ole vielä asennettu, joten todellista mitattua vaikutusta huipputehoon ei ole selvillä. Arviot perustuvat usean vuoden tuntitason sähkönkulutuksen mittausdataan rakennuksesta sekä tietoon rakennuksessa olevista sähkölaitteista. Arvion perusteella tunnin huipputeho on mahdollista saada suunnitelluin teknisin ratkaisu in noin 7 kilowatin tuntumaan. Rakennuksen suuritehoisimmat laitteet kiuas ja poistoilmalämpöpumpun sähkövastus eivät voi enää olla samanaikaisesti käynnissä. Lisäksi jommankumman ollessa käynnissä on rajoitettu muita suuritehoisia laitteita.

Helen Sähköverkko Oy tehomaksukomponentin hinta on 0,79 €/kW. Vuoden 2017 suurin mitattu tuntiteho on ollut 11 kW. Mikäli järjestelmä olisi onnistunut rajoittamaan tehon 7 kilowattiin olisi tehomaksussa säästetty 4 kilowatin osuus eli 3,16 euroa. Vuodessa tämä tekee 37,9 euroa. Järjestelmän hankintahinta 363 euroa huomioiden puhdas takaisinmaksuaika huomioimatta korkokuluja ja energian hinnannousuja olisi noin 9,5 vuotta.

Tehomaksun hinta tulee kuitenkin tulevaisuudessa todennäköisesti nousemaan, mikä lyhentää takaisinmaksuaikaa.

Lisäksi nykyisten hinnoittelumallien mukaan on huomioitava, että jos yhdenkin kerran tuntiteho nousee poikkeuksellisen suureksi, maksetaan tästä seuraavan 12 kuukauden ajan, jolloin tehonrajoitusjärjestelmän säästö vesittyy. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi saunan tai poistoilmalämpöpumpun kanssa samaan aikaan tapahtuva ”suurempi” ruoanlaitto samalla, kun ylimääräinen lisälämmitin taikka muu ohjaamaton isompi sähkökuorma on päällä. Toki tällaisiakin tilanteita varten pystyisi varautumaan esimerkiksi asentamalla tehonrajoitusreleen, joka pitää väkisin pois päältä muuta kuormaa tällaisissa tilanteissa. Täytyy kuitenkin pohtia kustannuksia sekä sitä, kuinka paljon on valmis tinkimään asumismukavuudesta ja käytön vaivattomuudesta verrattain pienen tehomaksun kustannuksella.

6 Yhteenveto

Jo rakennetussa pientalossa järkevin mahdollisuus oman huipputehon leikkaamiseen lienee omien kulutustottumusten muuttaminen, sillä tällöin puhutaan nollainvestoinnista. Käytännössä tällä tarkoitetaan suuritehoisten kodinkoneiden eriaikaista käyttämistä. Sähköverkkoyhtiö Elenian pilottihankkeessa todettiin kuitenkin, että kuluttajien vaikutusmahdollisuudet huipputehoon pelkillä käyttötottumuksilla olivat varsin rajalliset [15, s.6]. Hyvin yksinkertaista relelogiikkaa on tietynlaisten rakennusten tapauksessa myöskin järkevää rakentaa. Kokonaan uutta taloa rakennettaessa huipputehon rajoittaminen on järkevää huomioida sähkösuunnittelun yhteydessä. Omakotitalojen talotekniikkaa on kuitenkin monenlaista eikä mitään yleispätevää ohjetta voi antaa.

Myös nykyisten hinnoittelumallien tapa veloittaa yhden ainoan talvella syntyneen piikkitunnin perusteella tehomaksua seuraavat 12 kuukautta ei kannusta ihmisiä muuttamaan kulutustottumuksiaan. Sähköverkkoyhtiöt ovat velvollisia maksamaan korvausta yli 12 tunnin sähkökatkoista [16]. Mietinnän arvoinen kysymys, johon en ole löytänyt vastausta kuuluu seuraavasti. Mitä tapahtuu, kun kovilla pakkasilla tulee esimerkiksi 10 tunnin sähkökatko. Tämä ei vielä täytä korvauskriteerejä, mutta talon lämpötila on todennäköisesti kerennyt laskea. Sähköjen palattua kaikki termostaatit kytkevät lämmitykset päälle yhtäaikaaisesti ja tuntiteho nousee takuuvarmasti – tästäkö seuraa tulevan vuoden tehomaksu?

Työn seurauksena tutustuttiin tehomaksun taustaan ja teoriaan sekä hahmoteltiin malliratkaisu yhdenlaiseen pientaloon. Malliratkaisua ei ole kuitenkaan todellisuudessa asennettu, joten sen vaikutus tunnin keskitehoon perustuu optimistiseen arvioon. Optimistisen arvionkin perusteella laskettuna järjestelmällä saatava säästö ei ole järkevällä tasolla. Vaikka arvio oletetusta tuntitehosta osuisi oikeaan saattaa yhdelle tunnille sattuva poikkeuksellinen tilanne vesittää koko tulevan 12 kuukauden säästön. Nykyisellä hinnoittelulla olemassa olevaan omakotitaloon rakennettavat järjestelmät soveltuvat lähinnä ihmisille, joilla on ammattitaitoa ja halua rakentaa ja asentaa tällaisia järjestelmiä itse.

Tehomaksujen käyttöönotto kuluttaja-asiakkaille ottaa vasta ensiaskeleitaan. On hyvin todennäköistä, että nyt käytettävät hinnoittelumallit tulevat muuttumaan tulevaisuudessa. Todennäköisesti tehomaksun osuus tulee kasvamaan ja tehomittauksessa siirrytään uu-

sien mittareiden myötä tuntimittauksesta lyhyempään mittausaikaan. Tämä tuo tehonrajoittamisjärjestelmät taloudellisesti kannattavimmiksi, ja uutta taloa rakennettaessa asia olisi järkevä huomioida.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tehomaksuja ja niiden käyttöönoton vaikutusta pientalon sähkösuunnitteluun. Työn tuloksena saatiin ajankohtainen katsaus tehomaksujen nykytilanteeseen sekä suunniteltiin yhteen olemassa olevaan pientaloon toteutettavissa oleva tekninen ratkaisu huipputehon rajoittamiseen.

Lähteet

- 1 Aikasiirtotuote. 2017. Verkkoaineisto. Helen Sähköverkko Oy < <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/tuotteet/aikasiirto2>>. Luettu 13.11.2017.
- 2 Helen Sähköverkko Oy. 2017. Sähkön siirtohinasto. 1.7.2017.
- 3 Lång, Riikka. 2017. Tehomaksu on aidosti asiakaslähtöinen uudistus. Lahti Watti 2/2017, s. 19.
- 4 Verkkopalveluhinnasto. 2017. Verkkoaineisto. Lahti Energia Oy < <https://www.lahtienergia.fi/fi/sahkoverkko/hinnastot-sopimusehdot/verkkopalveluhinnasto-uusi>>. Luettu 9.12.2017.
- 5 Hartikainen, Janne. Taasko sähköstä maksetaan lisää? Energiavirtaa 3/2017, s. 2.
- 6 Sähkön siirtohinasto. 2017. Verkkoaineisto. Helen Sähköverkko Oy < <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkon-siirtohinasto.pdf>>. Luettu 15.12.2017.
- 7 Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Luettu 9.1.2018
- 8 Maalämmön osuus lämmönlähteenä kasvussa. 2016. Verkkoaineisto. Tilastokeskus < http://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html>. Luettu 4.1.2018
- 9 Nibe FI1255. 2018 Verkkoaineisto. Nibe. < <https://www.nibe.fi/tuotteet/maalampopumput/nibe-f1255/?tabid=4#overview>>. Luettu 4.1.2018
- 10 Nibe. 2017. Nibe F1255 Asentajan käsikirja.
- 11 Nibe. 2017. Nibe Fighter 310P Asennus- ja hoito-ohjeet, s. 25.
- 12 Nibe. 2017. Nibe Fighter 310P Asennus- ja hoito-ohjeet, s. 17.
- 13 Siemens Logo!. 2017. Verkkoaineisto. Siemens Oy. < http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/logo.htm>. Luettu 10.12.2017.

- 14 Kunnossapito- ja perusparannustyöstä saat kotitalousvähennystä. 2018. Verkkoaineisto. Verohallinto. <<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/remontointi/>>. Luettu 3.1.2018.
- 15 Kokemuksia tehotariffipilotista. 2017. Verkkoaineisto. Salo, Johannes. <https://energia.fi/files/1755/Kokemuksia_tehotariffipilotista_Salo.pdf>. Luettu 4.1.2018.
- 16 Sähkömarkkinalaki. 2013. Verkkoaineisto. Finlex. < <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>>. Luettu 2.1.2018.

[illegible]

Creator:	tom6	Project:	Customer:
Checked:		Installation:	Diagram No.:
Date:	11/20/17 7:46 PM/11/27/18 4:45 PM	File:	Pages
			1/3

Block Number (Type)	Parameter				
B003(On-Delay) :	Rem = off 15:00m+				
I1(Input) : Kiuas					
I2(Input) : PILP					
I3(Input) : Ohituskytkin					
Q1(Output) : PILP					
Q2(Output) : Yläkerran patterit					
Q3(Output) : Lattialämmitys KPH					
Q4(Output) : Autonlämmitys					
Creator:	tom16	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	11/30/17 7:46 PM/1/9/18 4:45 PM	File:	Huipputehon rajoitus ver 1.1sc	Page:	2 / 3

[illegible]

Tuntitehosarjat 2013 – 2017